

GIPUZKOAKO LURRALDE HISTORIKOKO GEODESIA ETA TOPOGRAFIA LANETARAKO GOMENDIOAK

SARRERA

Joan den mendearan amaieraz geroztik, topografia eta geodesia lanetan GNSS sistemak ezartzea eta ohiz erabiltzea lanerako modu berriak ekartzen ari da. Lan horiek erreferentziarako tokiko azpiegitura geodesiko berriak izan behar dituzte oinarri, hau da, egungo erreferentzia sistema globalaren dentsifikatzeak hartu behar diren horiek (erreferentzia sistema globala ITRF2020 eta IGS20/IG[S, b, c,...] 20 da). European ETRS89 dentsifikazioa du, ETRF gauzatzeen bitartez, zehazkiago, ETRF2000, ([Z. Altamimi, 2017](#)). 2002az geroztik, Gipuzkoako Foru Aldundiak azpiegitura geodesiko tetradimentsional bat du Gipuzkoako Lurralde Historikoaren gainekoa; horrek planimetria (φ , λ), altimetria (H , h) eta denborazko (t) osagaiei erantzuten die.

2007ko abuztuaren 27ko 1071 Errege Dekretuak Estatuko erreferentzia sistema berritatu hartu du aipatutako ETRS89 hori, ED50en ordean. ETRS89 horrek Europa osoan sistema hori bera erabiltzea ekarriko du, doitasunaren areagotze nabarmen batekin eta GNSS datuekin lan egiteko erraztasun handiagoarekin batera, transformazio geodesikoak saihesten baititu. Arau horrek, bere aldetik, eutsi egiten dio altimetriako erreferentzia sistema gisa penintsulako lurraldeari dagokionez, Alacanten itsasoak duen batez besteko mailari.

ETRS89ren modu berean, Europa osorako altimetriako erreferentzia sistema bat (EVRS) definitzen ari da; hori ezarri ondoren, Gipuzkoako azpiegitura geodesikoan txertatu beharko da. Instituto Geografiko Nazionalak 2008an amaitu zuen Estatuan doitasun handiko nibelaziorako RedNAP proiektua (Zatia $\leq 1,5 \text{ mm} \sqrt{k}$), zeinari lotzen eta dentsifikatzen ari baitzaio 1987an egindako Gipuzkoako nibelazio sarea.

RECOMENDACIONES EN LOS TRABAJOS GEODÉSICOS Y TOPOGRÁFICOS DEL TERRITORIO HISTÓRICO DE GIPUZKOA

INTRODUCCIÓN

Desde finales del siglo pasado, la implantación y empleo habitual en tareas topográficas y geodésicas de los Sistemas GNSS está suponiendo nuevos modos de trabajo. Tareas que deben apoyarse en nuevas Infraestructuras Geodésicas Locales de Referencia, entendidas como densificaciones del actual Sistema de Referencia Global (ITRF2020 e IGS20/IG[S, b, c,...] 20), cuya densificación en Europa, a través de las materializaciones ETRF, es ETRS89: más concretamente, ETRF2000 ([Z. Altamimi, 2017](#)). Desde el año 2002, la Diputación Foral de Gipuzkoa mantiene una Infraestructura Geodésica tetradimensional del Territorio Histórico de Gipuzkoa, que atiende a las componentes planimétrica (φ , λ), altimétrica (H, h) y temporal (t).

El Real Decreto 1071 de 27 de agosto de 2007 asume como nuevo Sistema de Referencia en el estado el citado ETRS89 en sustitución de ED50. ETRS89 supone el empleo de un sistema unificado en toda Europa, un aumento significativo de la precisión y mayor facilidad para trabajar con datos GNSS al evitar transformaciones geodésicas. Esta norma, a su vez, mantiene como sistema de referencia altimétrico el nivel medio del mar en Alicante en el territorio peninsular.

De forma equivalente a ETRS89, se está definiendo un Sistema de Referencia Altimétrico común a toda Europa (EVRS) que una vez establecido deberá también aplicarse a la Infraestructura Geodésica de Gipuzkoa. El Instituto Geográfico Nacional finalizó en 2008 el proyecto RedNAP de nivelación de alta precisión (Tramo $\leq 1.5 \text{ mm} \sqrt{k}$) en el Estado, al que se está enlazando y densificando la antigua Red de Nivelación de Gipuzkoa materializada en 1987.

Azpiegitura geometrikoez gain, Gipuzkoako Sare Grabimetrikoa mantentzen da. Sare hau 2005 geroztik Astronomia eta Geodesia Institutuak Madrilen duen grabitate absolutuko estazioarekin lotuta dago. Estazio honetaz gain, IGNk 2017 urtean behatutako Loiola eta Pasaia grabitate absolutua duten estazioetara lotu beharko da.

GIPUZKOAKO AZPIEGITURA GEODESIKOA. ITRF*, ETRS89 eta IGNren REDNAP esparruak

2025ko uztailean, osagai hauek ditu:

- **Estazio iraunkorren GNSS sarea.** 20 km-tik beherako distantzia lurralde osoan Elgeta (ELGE), Igeldo (IGEL), Lazkao (LAZK) eta Pasaia (PASA) estazioetara.
 - Postprozesurako GPS datuak 2005tik, GPS+GLONASS datuak 2007 urtetik eta GPS+GLONASS+Galileo+BeiDou 2016 urte hasieratik aurrera.
 - GNSS RTK eta NRTK datuak denbora errealean. RTCM2.3 eta RTCM3.1
 - Esparru geodesiko berean, sarea dentsifikatu egiten da Irungo Bidasoa Institutuan dagoen estazioaren (BIDA) seinalearekin eta beste erakunde batzuen inguruko beste 10en seinaleekin.
 - Pasaia estazioa EPNn (*Euref Permanent Network*) integratuta dago 2015eko urriaz geroztik (zehazki, 2015-10-08tik, GPS 1870 astearekin bat datorrena).
- **Estazio pasiboen sarea.** 602 iltze hirigune eta errepideetan; horietatik 101 2 cm-tik beherako doitasunez. Hirigune guztietan gutxienez iltze bat. 2005. urtetik aurrera egindako lanak eta 2023 tik eguneratuak.
- **NAP eta NP nibelazio sareak.** 1987ko NP sarea dentsifikatzen ari da, estazio pasiboen sarearen bidez, eta atzera behatzen ari da, NAP nibelazioaren bidez. 2005az geroztik 1100 km nibelatu dira. Sare horrek 839 NAP iltze ditu eta 207 NP iltze.

Además de la infraestructura geométrica, se mantiene la Red Gravimétrica de Gipuzkoa. Esta red enlazada en 2005 con la estación de gravedad absoluta del Instituto de Astronomía y Geodesia, en Madrid, debe enlazarse actualmente con las estaciones de gravedad absoluta de Loiola y Pasaia observadas por IGN en 2017.

INFRAESTRUCTURA GEODÉSICA DE GIPUZKOA. Marcos ITRF*, ETRS89 y REDNAP del IGN

A julio de 2025 se compone de:

- **Red de Estaciones Permanentes GNSS.** Distancias inferiores a 20km en todo el territorio a las estaciones de Elgeta (ELGE), Igeldo (IGEL), Lazkao (LAZK) y Pasaia (PASA):
 - Datos GPS desde 2005, GPS+GLONASS desde finales de 2007 y GPS+GLONASS+Galileo+BeiDou desde inicios de 2016 para postproceso..
 - Datos GNSS RTK y NRTK en tiempo real. RTCM2.3 y RTCM3.1
 - En el mismo marco geodésico, la red propia se densifica con la señal de la estación del Instituto Bidasoa de Irun (BIDA) en Gipuzkoa y 10 en su entorno, que pertenecen a otras entidades.
 - La Estación de Pasaia está integrada en EPN (*Euref Permanent Network*) desde octubre de 2015 (concretamente, el 08-10-2015 que se corresponde con la semana GPS 1870).
- **Red de Estaciones Pasivas.** 602 clavos en cascos urbanos y carreteras, 101 de ellos con precisiones inferiores a 2 cm. Al menos 1 clavo en todos los cascos urbanos. Trabajos efectuados desde el año 2005 y actualizados desde 2023.
- **Redes de Nivelación NAP y NP.** La red NP de 1987 está siendo densificada, mediante la Red de Estaciones Pasivas, y reobservada mediante Nivelación NAP. Desde 2005 se han nivelado 1100 km, cuenta con 839 clavos NAP y 207 NP.

- **Gipuzkoako Grabimetria Sarea (GGS).** Oinarrizko GGSak 11 estazio ditu, 15 μ Gal inguruko doitasunez. Sare horretan oinarrituta, 2005az geroztik 450 iltze inguru behatu dira, etorkizunean geoide lokal bat mantentzeko xedeaz.
- **Itsas Maila.** 2017ko urria geroztik Pasaia mareografoa [PSMSL](#) (*Permanent Service for Mean Sea Level*) integratzen da.
- **Red Gravimétrica de Gipuzkoa (RGG).** La RGG básica se compone de 11 estaciones con precisiones en torno a los 15 μ Gal. Apoyados en esta red, desde el año 2005, se han observado hasta el momento alrededor de 450 clavos con objeto de mantener en el futuro un geoide local.
- **Nivel del Mar:** mareógrafo de Pasaia integrado, desde Octubre de 2017, en el [PSMSL](#) (*Permanent Service for Mean Sea Level*).

Gipuzkoan dagoen erreferentzia esparrua sare hauek osatzen dute:

- Estazio iraunkorren GNSS sarea. Esparrua: L ETRS89, ETRF2000 2025.0 garaia
- NAP nibelazio sarea. Esparrua: RedNAP IGN 2008
- Gipuzkoako grabimetria sarea. Esparrua: Loiola eta Pasaia estazio absolutua

ROIko estazio pasiboen sareak, estazio pasiboen eta NP nibelazio sareak aurrekoen ordezkotza izatera dute, eta horiek ematen dituzten laburpenen irakurketa arretaz egin behar da, zaharrak direlako eta zehaztapenak heterogeneoak direlako.

XEDEA

Dokumentu ireki honen xedea da gomendio eta praktika egoki sorta bat aipatzea, batetik, topografia lanak eta geodesia kontrolerakoak ahalik eta zorrotasun handienaz lotzeko, Gipuzkoako azpiegitura geodesikoaren bidez, indarrean dauden nazioarteko esparruekin eta; bestetik, ED50 tokiko sareak ETRS89ra migratzeko, eta esparru altimetro zaharrak RedNAPra eta EVRSra.

PLANIMETRIA

- Erreferentzia-sistema ofiziala ETRS89 da.

El marco de referencia en Gipuzkoa está materializado por:

- Red de Estaciones Permanentes GNSS. Marco: ETRS89, ETRF2000 época 2025.0
- Red de Nivelación NAP. Marco: RedNAP IGN de 2008
- Red Gravimétrica de Gipuzkoa. Marco: Estación Absoluta Loiola y Pasaia

Las Redes de Estaciones Pasivas ROI, Estaciones Pasivas y Nivelación NP, tienen carácter subsidiario de las anteriores y es necesario realizar una atenta lectura de sus reseñas debido en su caso a su antigüedad o a la heterogeneidad de sus precisiones.

OBJETO

El propósito de este documento abierto es señalar una serie de recomendaciones y buenas prácticas cara a enlazar, con el mayor rigor posible, trabajos topográficos y de control geodésico a los vigentes marcos internacionales mediante la Infraestructura Geodésica de Gipuzkoa, así como migrar redes locales en ED50 a ETRS89 y antiguos marcos altimétricos a RedNAP y EVRS.

PLANIMETRÍA

- El sistema de referencia oficial es ETRS89. La

Gipuzkoan ETRF2000ren bidez gauzatzen da (Z. Altamimi, 2017)-ek gomendatzen duen bezala. Sare aktiboa erabat operatibo dagoenez 2005az geroztik, zehaztu daitezke, doitasun handiarekin, estazioen abiadurak. Horregatik, erreferentzia esparrua edozein garaiekin lotu daiteke. Kasu horretan, EUREF-k sortutako ETRF eta IGS20 produktuak bezala, hautatutako garaia 2025.0 da.

- Ohiko topografia lanetan ETRS89 koordinatuetatik abia daiteke, baina zorrotasun handiagoko geodesia lanetan ITRF*k (IGSxx/IGbxx) izan behar du lanerako esparrua, beti behaketa-garai bati lotuta gainera. Soluzioak erreferentzia garaira eta esparrura garraiatzeko lurraldeko estazio aktiboen batez besteko abiadurak erabiliko dira.
- Landa, prozesatze, kalkulu, konpentsazio eta doiketa lan guztiak esparru berean egingo dira beti. Eskatutako zehaztasuna handia ez den lanetan (1/1.000 eskalak edo txikiagoak), ETRF2000rekin lan egin daiteke, estazioei abiadurak aplikatu gabe. Gainerako kasu guztietan, koordinatuak behaketa garaira eramán behar dira.
- ITRF* eta ETRS89 arteko aldaketak (Z. Altamimi, 2017) deskribatutako parametroen bidez egin behar da.

Oinarri estazioak ezartzea

- Lan eremuaren ertzetan eta ardatz nagusian zehar gutxienez oinarriko 3 estazio ezarriko dira (nagusi bat eta bigarren mailako bi), eta Gipuzkoako azpiegitura geodesikoarekin lotzea bermatuko da GNSS bidez.
- Lan eremua 5 km² baino txikiagoa den kasuetan, nahikoa da oinarri estazio bakarra erabiltzea.
- Azterketa eremuan estazio pasiborik edo iraunkorrik izanez gero, horiek ere azterketan sartuko dira; zenbaitetan, estazio osagarri bat ezartzea ere nahikoa izango da. Kasu

materialización del mismo en Gipuzkoa es ETRF2000, tal y como se recomienda por (Z. Altamimi, 2017). Gracias a que la Red Activa está plenamente operativa desde 2005, es posible determinar, con elevada precisión, las velocidades de las estaciones. Por ello, es posible referir el Marco de Referencia a cualquier época. En este caso, al igual que los productos ETRF e IGS20 generados por EUREF, la época escogida es 2025.0.

- En trabajos topográficos usuales se puede partir de coordenadas ETRS89, pero en trabajos geodésicos de mayor rigor el marco de trabajo debe ser ITRF* (IGSxx/IGbxx) y siempre ligado a una época de observación. El transporte de las soluciones a la época y marco de referencia se realizará utilizando las velocidades medias de las Estaciones Activas del Territorio.
- Todos los trabajos de campo, procesamiento, cálculo, compensación y ajuste se efectuarán siempre en un mismo marco. Para trabajos en que la precisión demandada no sea elevada (escalas 1/1.000 e inferiores), se podrá trabajar directamente en ETRF2000, sin aplicar velocidades a las estaciones. En todos los demás casos, las coordenadas han de ser trasladadas a la época de observación.
- El traspaso entre ITRF* y ETRS89 debe efectuarse mediante los parámetros descritos en (Z. Altamimi, 2017).

Implantación de estaciones base

- En el área de trabajo se establecerán al menos 3 estaciones base (1 principal y 2 secundarias) en sus márgenes y a lo largo de su eje mayor, y se garantizará el enlace a la Infraestructura Geodésica de Gipuzkoa mediante GNSS.
- En el caso de áreas de trabajo inferiores a 5 km² se considera suficiente el empleo de una única estación base.
- En caso de contar con estaciones pasivas o permanentes en el área de estudio, estas se incluirán en el estudio y eventualmente será suficiente establecer una estación adicional.

guztietan, estazio pasiboen kalitatea aztertu egin beharko da, ematen dituzten aipamenak zehatz aztertuz, koordenatu egokiak direla bermatzearren.

- Oinarrizko estazioen eta pasiboen behaketa gutxienez 2 saiotan egin behar da, eta horien artean gutxienez 4 orduko tartea behar da, sateliteen posizio aldaketa ziurtatzeko. Azken soluzioa saio bakoitzean lortutako bategen bestekoa izango da.
- Saio bakoitzeko soluzioen arteko aldeak 3 cm-tik beherakoak izatea ziurtatzeko, saioek 3 ordu baino gehiago iraun beharko dute. Aldi bereko behaketen kasuan, edo estazio pasibo edo iraunkor bat dagoenean, bigarren mailako oinarrizko estazioen behaketa 2 ordutik gorako saioen bidez egin daiteke.

Oinarrizko lerroak

- Hargailuen arteko distantziaren arabera, behaketa-denborak hauek izango dira: 20 minutu + 1 minutu km-ko. 1:500eko eskalen kasuan, denborak 30 minutu + 2 minutu km-ko izatea komeni da.
- Antenen garaiara zuzen neurtzeko, zehaztasuna beharrezkoa da. Horretarako, beti antena berdinak erabiltzea gomendatzen da, antena konstanteen erroreak saihesteko. Eszentrikotasunak altimetria atalean adierazten den bezala neurtuko dira.

Oinarrizko lerroak prozesatzea

- Bektore ez arrunten soluzioak hartuko dira, eta konfigurazioa gutxienezko bidekoa izango da.
- Distantziak 5 km-tik beherakoak direnean, L1 soluzioak gomendatzen dira; 5 eta 15 km bitartean, L1eko edo L3ko emaitzarik onena da

En todos los casos la calidad de las estaciones pasivas debe ser chequeada, examinando con detalle sus reseñas, para garantizar la bondad de sus coordenadas.

- La observación de las estaciones base y pasivas debe realizarse con un mínimo de 2 sesiones separadas por al menos 4 horas para asegurar el cambio de posición de satélites. La solución final será el promedio de las obtenidas en cada sesión.
- Para asegurar diferencias menores a 3 cm entre las soluciones de cada sesión, las sesiones deben ser superiores a 3 horas. En el caso de observación simultánea o de existir una estación pasiva o permanente, las estaciones base secundarias pueden observarse mediante sesiones superiores a 2 horas.

Líneas base

- En base a la distancia entre receptores los tiempos de observación serán de 20 minutos + 1 minuto por km. En el caso de escalas 1:500 es aconsejable que los tiempos sean de 30 minutos + 2 minutos por km.
- La medición de alturas de antena debe ser lo más cuidadosa posible y se recomienda el empleo de antenas idénticas para evitar errores de constantes de antena. Las excentricidades se medirán como se señala en el apartado de altimetría.

Procesado de líneas base

- Se adoptarán soluciones de vectores no triviales y la configuración será la de mínimo camino.
- Para distancias inferiores a 5 km se recomiendan soluciones L1, entre 5 y 15 km el mejor resultado de L1 o L3 y para distancias

soluzioa; eta 15 km-tik gora, ez badago estazio iraunkorrik lanean, L3ko emaitza. Kasu guztietan, bektoreko muturren artean desnibel txikia egonez beti.

- Beti erakunde beraren efemeride zehatzen bidez prozesatuko da, eta erreferentzia-esparrua indarrean dagoena izango da (IGS14/IGb14), koordenatuak behaketa garaira egokituz.
- Distantzia luzeetan, ionosfera-efektua kentzea komeni da, bi eroaleak modu linealean konbinatuz, eta troposfera-efektua, berriz, ordubeteko tartearekin kalkulatu da (gradiente horizontalak erabiliaz posible bada), VMF1 (*Vienna Mapping Function*) izeneko eredu erabiliz. Era berean, eta lehenetasun ordena honi eutsita, hauexek onartzen dira: GMF (*Global Mapping Function*); Saastamoinen-en eredu Niell-en funtzioari aplikatuta; eta Hopfield da (baita eredu aldatua ere) gomendatzen den azken aukera.
- 3^o-koa izango da jasotze-maskara, eta behaketen laginketen tartea 30 segundokoa. Onartu egingo dira 10^o maskararekin prozesatutako datuak, baina ez handiagoarekin prozesatutakoak.
- GPS+GLONASS+Galileo hargailuak erabiltzea gomendatzen da. BeiDou kontu handiz erabili beharko da.

ALTIMETRIA

Planimetria osagaiak bestela, altimetria ez dago erabat ezarrita Gipuzkoako Azpiegitura Geodesikoan. Itzeen sarea ez da oso-osorik atzera behatu, eta RedNAP-ren beste soluzio batzuen zain gaude, nahiz diferentziak txikiak diren, eta EVRSa ezartzea. IGNren REDNAP Alacanten itsasoak duen batez besteko mailari lotuta dago, eta oraindik ez dakigun epe batean Europa esparru komunera (EVRS) doitu beharko gara, horrek Amsterdamen itsasoak duen batez besteko maila hartzen baitu kontuan. Bi esparruen arteko

superiores a 15 km, si alguna estación permanente no está operativa, el resultado de L3. En todos los casos, siempre en condiciones de escaso desnivel entre los extremos del vector.

- Se procesará mediante efemerides precisas siempre de un mismo organismo y el marco de referencia será el vigente (IGS14/IGb14), refiriendo las coordenadas a la época de observación.
- Para distancias largas, se ha de eliminar el efecto ionosférico mediante la combinación lineal de las dos portadoras y el efecto troposférico se calculará a intervalos de una hora (con gradientes horizontales, si fuera posible) empleando como modelo a priori, el conocido como VMF1 (*Vienna Mapping Function*). Se admiten igualmente, y en este orden de preferencia, GMF (*Global Mapping Function*), el modelo de Saastamoinen aplicado a la función de Niell, siendo Hopfield (incluso el modelo modificado) la última opción recomendada.
- La máscara de elevación será de 3^o y el intervalo de muestreo de las observaciones de 30 s. Se admitirán datos procesados con máscara de 10^o, pero no superiores.
- Se recomienda utilizar receptores GPS+GLONASS+Galileo. BeiDou se utilizará con extrema cautela.

ALTIMETRÍA

A diferencia de la componente planimétrica, la altimétrica no está completamente implantada en la Infraestructura Geodésica de Gipuzkoa. La red de clavos no está reobservada en su totalidad y estamos a la espera de posibles nuevas soluciones, aunque con mínimas diferencias, de RedNAP y la implantación de EVRS. REDNAP del IGN está referido al nivel medio del mar (n.m.m.) en Alicante, y en un plazo que desconocemos deberemos ajustarnos a un marco común europeo (EVRS) cuyo origen el n.m.m en Amsterdam. La

diferentzia 40 bat zentimetrokoa da.

Orain, Gipuzkoako nibelazio sarean, NAP tartekak batera egokitzen dira REDNAPra, eta lortutako NAP soluziora doitzen dira NP desnibel zaharrak. Hortaz, sare heterogeneo bat dugu, non 839 iltze NAP motakoak dira, beste 173 iltze berriz behatutako NP motakoak dira eta oraindik berriz nibelatu ez diren 34 NP iltze daude. Horietan zorrotz jardun behar da.

Lotura altimetrokoak (NAP, NP, trigonometrikoak eta GNSS)

GFAREN altimetria esparruarekin lotzeko, hau hartuko da kontuan:

- NAP sarearekiko lotura, zehaztasunaren arabera, hurrenkera honetan egingo da:
 - 1) Nibelazio geometrikoa
 - 2) Nibelazio trigonometrikoa
 - 3) GNSS nibelazioa + eredu geoidea (SAR: EGM08-RedNAP), behaketa estatikoarekin eta postprozesu egokiarekin, behatutako distantzia oinarrituta.
 - 4) GNSS-RTK nibelazioa + SAR: EGM08-RedNAP. kasu horretan, beharrezkoa izango da garaierako aldakuntza aplikatzea behatutako kotaren eta NAP hiltzen behaketa berrienaren artean.
- Behaketa teknika edozein delarik ere, beharrezkoa da sareari lotzea ibilbidearen hasieran eta amaieran: beharrezkoa da beti NAP iltze batetik ateratzea eta beste NAP iltze batera iristea.
- Inguruan NAP seinalerik ez badago, arrazoia edozein delarik ere (desagertuta, lehen ez zegoen, modu nabarmenean lekuz aldatutako seinaleak...), lotura NP sarera egingo da. Egoera hori ez da komenigarria, eta baztertu egin behar da zehaztasuna eskatzen duten prozeduretan. Gogoratu behar da iltze gutxi batzuk NP sarea 80ko hamarkadaren erdialdeko behaketetan oinarritzen dela, eta arazo asko antzeman direla seinaleak mugituta daudelako eta behaketak egin zirelako, egun,

diferencia entre ambos marcos en Gipuzkoa es del orden de 40 cm.

En este momento en la Red de Nivelación de Gipuzkoa, los tramos NAP se ajustan en bloque a REDNAP y a la solución NAP obtenida se ajustan los desniveles NP. Contamos por tanto con una red heterogénea en la que coexisten 839 clavos NAP, 173 clavos NP reobservados y otros 34 clavos NP con desniveles de la antigua nivelación de 1987. Por lo tanto hay que extremar la cautela.

Enlaces altimétricos (NAP, NP, trigonométricos y GNSS)

Para enlazar con el marco altimétrico DFG, se tendrá en cuenta:

- El enlace a la Red NAP se realizará, en función de la precisión exigida, en este orden:
 - 1) nivelación geométrica,
 - 2) nivelación trigonométrica,
 - 3) nivelación GNSS + modelo geoide (SAR: EGM08-RedNAP) con observación estática y postproceso adecuado en base a la distancia observada
 - 4) nivelación GNSS-RTK + SAR: EGM08-RedNAP. En este caso, será preciso aplicar la variación en altura entre la cota observada y la más reciente de los clavos NAP.
- Independientemente de la técnica de observación es necesario enlazar a la Red al inicio y al final del itinerario: es siempre preciso salir de un clavo NAP y llegar a otro clavo NAP.
- En caso de no existir señales NAP en el entorno, por el motivo que fuere (desaparición, inexistencia, señales claramente desplazadas...) el enlace se hará a la Red NP. Este escenario no es aconsejable y se ha de excluir para procedimientos que exijan precisión. Recordemos que algunos clavos NP se basan en observaciones de mediados de los 80 y se han detectado diversos problemas por señales movidas u observaciones con errores no tolerables en la actualidad. En todos

onargarriak ez liratekeen akatsekin. Kasu guztietan, beharrezkoa da desnibelak egiaztatzea NP seinaleak erabilita.

- NAP/NP sarerako sarbiderik ez badago, GNSS+SAR nibelazio metodologia erabiliko da. Behaketa mota hori ez da inola ere erabiliko udal sareak garaieraz hornitzeko. Haren erabilera onargarria izan daiteke kalitatearen kontrola egiteko, baina baztertu egin behar da zehaztasuna eskatzen duten lanetan.

Altimetria klasikoa

- Zehaztasun handiko nibelazio geometrikoak (NAP) zorroztasunez jarraituko du IGNk [Normas para la Nivelación Geométrica de Precisión](#) adierazitako metodologia, $1,5 \text{ mm}/k$ baino txikiagoa ez den zehaztasun bat bermatzeko.
- Zehaztasuneko nibelazio geometrikoa bada, komeni da hasierako erreferentzia gisa lehenagoko araudiak erabiltzea, proiektu zehatzera eta erabilgarri den ekipamendura egokituta, eta nibel hartze bakoitzean tolerantzia $3,0 \text{ mm} \sqrt{k}$ -ra handituta.
- Kokapen soilaren bidezko nibelazio trigonometrikoa erabiliko da ezin denean egin nibelazio geometrikoa eta, betiere, erreferentziatzko iltzeen begi-lerroak eta distantziak, eta behatutakoak antzekoak direnean (ez 5° baino gehiagoko diferentzia angelu bertikaleko irakurketan edo 5 metroko distantzia horizontala). Edozelan ere, onartzen den gehieneko distantzia 40 metro izango da, eta seinaleen artean neurtutako gehieneko desnibela 2 metro baino txikiagoa izango da. Distantziak neurtzerakoan beharrezkoa da egiaztatzea prismaren konstantea zuzena dela.

GNSS altimetria

GNSS altimetria gero eta indar gehiago hartzen ari

los casos es necesario verificar los desniveles utilizando señales NP.

- Sólo en el caso de no existir acceso a la Red NAP/NP se utilizará metodología de nivelación GNSS+SAR. Bajo ningún concepto este tipo de observación ha de utilizarse para dotar a las Redes Municipales de altura. Su uso, para fines de control de calidad, bien pudiera ser aceptado, pero ha de ser descartado para trabajos que requieran cierta precisión.

Altimetría clásica

- La Nivelación geométrica de Alta Precisión (NAP) seguirá rigurosamente la metodología señalada en las [Normas para la Nivelación Geométrica de Precisión](#) de IGN para garantizar una precisión no inferior a $1.5 \text{ mm}/k$.
- En caso de tratarse de Nivelación geométrica de Precisión, se recomienda utilizar como referencia de partida las Normas anteriores, adecuándolas al proyecto concreto y equipamiento disponible y aumentando la tolerancia en cada nivelada a $3.0 \text{ mm} \sqrt{k}$.
- La nivelación trigonométrica mediante estacionamiento simple se empleará cuando no sea posible la nivelación geométrica y siempre que las visuales y distancias a los clavos de referencia y los observados sean similares (no más de 5° de diferencia en lectura de ángulo vertical o 5 m de distancia horizontal). La distancia máxima admitida será, en cualquier caso, de 40 m y el desnivel máximo medido entre las señales será inferior a 2 m. A la hora de medir las distancias es necesario verificar que la constante de prisma sea la correcta.

Altimetría GNSS

La altimetría GNSS está tomando cada vez un

da kokapenean. Horren arrazoia da erreferentzia altimetrikoko azalerek (SAR) izan duten garapena; izan ere, aukera ematen dute garaiera ortometrikoak lortzeko, 5 zentimetro inguruko zehaztasunekin, edo hobeeekin, betiere, behaketak era egokian egiten badira.

- Oinarrizko estazioak NAP iltzeekin lotu behar dira. NP iltzeekin lotu behar izanez gero, tentu handiagoz jardun behar da, soluzio hori zaharra delako eta duen zehaztasun nominala dela-eta.
- Gutxienez 2 NAP iltze behatuko dira GNSS bidez, batetik bestera gutxienez 3 orduko tartea izango duten saioetan.
- Gipuzkoan lortutako geoide-ondulazioaren hasierako ereduak, eta baita IGNren EGM08-REDNAP ereduak ere, ez dute gomendagarritzat jotzen GNSS bidezko ortometria-kota 2 kilometro baino gehiago mugitzea, eta beste NAP iltze batean ixtea gomendatzen da.

RTK bidez GNSS estazioei garaiera ortometrikoa emateko, premisa hauek hartuko dira kontuan:

- Ez da inolaz ere onartuko GNSS garaiera ortometrikorik 5 zentimetro baino handiagoko zehaztasun altimetrikoa eskatzen duten lanetan.
- Azpimarratu behar da GNSS garaierak ahalik eta zehaztasun handienarekin tratatu behar direla, eta desnibel jakin bat bermatzeko erabiltzea beharrezkoa denean, komeni da nibelazio klasikoko metodoak erabiltzea, emaitzak bermatze aldera.
- Zehaztasun handia behar denean (5 zentimetro), seinale bakoitzean, gutxienez, 15 minutu egon behar da erregistro iraunkorrean; dena den, gomendatzen da denbora tarte hori 20 minutura luzatzea.
- Nolanahi ere, NAP seinale bat beharrezkoa izango da, egiaztatu ahal izateko SAR modu

mayor peso en el posicionamiento. Ello se debe al desarrollo de SAR (Superficies de Referencia Altimétrica), que permiten obtener alturas ortométricas con precisiones en torno a los 5 cm, o mejores, si las observaciones se realizan de la forma adecuada:

- Las estaciones base deben enlazarse con clavos NAP. En caso de tener que enlazar con clavos NP, deben tomarse precauciones adicionales dada la antigüedad y precisión nominal de esa solución.
- Se observarán mediante GNSS al menos 2 clavos NAP en sesiones separadas por al menos 3 horas.
- Los modelos iniciales de ondulación de geoide obtenidos en Gipuzkoa, así como el modelo EGM08-REDNAP del IGN, hacen no recomendable arrastrar cota ortométrica con GNSS más de 2 km y se recomienda cerrar en otro clavo NAP.

Para dotar de altura ortométrica a estaciones GNSS mediante RTK, se tendrán en cuenta las siguientes premisas:

- En ningún caso se admitirán alturas ortométricas GNSS para trabajos con precisiones altimétricas demandadas superiores a 5 cm.
- Es necesario remarcar que las alturas GNSS han de ser tratadas con la máxima cautela posible y en caso de ser utilizadas para fines en que sea necesario garantizar determinado desnivel, se recomienda utilizar métodos de nivelación clásicos para garantizar los resultados.
- Si se precisa una precisión elevada (5 cm), se habrá de permanecer en cada señal un mínimo de 15 minutos en registro permanente, si bien se recomienda ampliar este intervalo de tiempo a 20 minutos.
- En cualquier caso, será necesario observar una señal NAP para verificar que la SAR se

egokian egokitzen dela azterlanaren xede den eremura. Nahiz eta onena izan NAP seinalea saioaren hasiera eta amaieran behatzea, hori aukera gisa uzten da, errendimendu arrazoiak tarteko prozedura hori traba bat izan daitekeelako.

- Aparteko neurri gisa, onartu egiten da GNSS/NAP alderaketa plano bat erabiltzea. Plano hori, gutxienez, azterlanaren xede den eremua oso-osorik osatzen duten GNSS/NAPeko lau estazioen bidez burutuko da. GNSS/NAP estazioen estaldura-azalera, 6 km² baino txikiagoa izango da kasu guztietan.

adapta de manera adecuada a la zona objeto de estudio. Si bien lo ideal sería observar la señal NAP al inicio y al final de la sesión, se deja como opción, ya que por motivos de rendimiento este procedimiento puede ser un obstáculo.

- Como medida extraordinaria se aceptará la utilización de un plano de comparación GNSS/NAP. Dicho plano será materializado mediante al menos cuatro estaciones GNSS/NAP que integren completamente la zona objeto de estudio. La superficie de cubierta por las estaciones GNSS/NAP, habrá de ser en todos los casos inferior a 6 km².

Antena eszentrikotasunak

- Antenen garaiera zuzen neurtzeko, zehaztasuna beharrezkoa da. Horretarako, beti antena berdinak erabiltzea gomendatzen da, antena konstanteen erroreak saihesteko.
- Garaierak **ARPri** (Antenna Reference Point) dagozkie.
- **Neurketa tripodearekin**
 - Tripodearen garaiera (**A**) neurtu behar da eta, baldin badaude, tripodearen eta ARPren artean dauden beste eszentrikotasunak ere bai (**B**), seinalearen zati garaieraraino (**C**, seinalearen sakonera da). Garaiera hau da: Garaiera = **A+B-C**

- **Neurketa markarekin:**
Irakurketa kalibratutako garaiera da. Hala ere, kontuz ibili behar da ezin dira-eta nahastu GPSrentzat kalibratutako markak prismarekin neurtzeko kalibratutako markekin, garaierak ez baitira berdinak. Nolanahi ere, fabrikatzailearen jarraibideei kasu egin behar zaie.

- **Neurketa zutabearekin:**
Zutabeak ez daude zeharo bertikalak, eta

Excentricidades de antena

- La medición de alturas de antena debe ser lo más cuidadosa posible y se recomienda el empleo de antenas idénticas para evitar errores de constantes de antena.
- Las alturas se referirán al **ARP** (Antenna Reference Point).
- **Medición en trípode:**
 - Medir la altura (**A**) del trípode y otras excentricidades si las hay, entre el trípode y el ARP (**B**), hasta la parte más elevada de la señal (**C** se refiere a la profundidad de la señal). La altura será: $Altura = A+B-C$

- **Medición con jalón:**
La lectura es directamente la altura calibrada, teniendo precaución de no mezclar jalones calibrados para GPS con aquellos calibrados para medición con prisma, ya que las alturas no son las mismas. En cualquier caso, seguir las especificaciones del fabricante.

- **Medición sobre pilar:**
Los pilares no están totalmente verticales y el

torloju nibelatzaileen mugimenduak neurketa finkoa eragozten du. Horrelakoetan, ezinbestekoa da fabrikatzailearen jarraibideei kasu egitea. Neurketa basadan egiten bada, garaiera izango da ainguraketen zatiaren hiru neurketen batez bestekoa. Haizearen kasuan, jarri zigilu bat basada zutabeen ziurtatzeko, maila ez aldatzen saiatuz.

- **Antenaren orientazioa:**
GNSS antena benetako iparralderantz bideratzea gomendatzen da, fabrikatzailearen seinalea erabiliz kalibrazio-konstanteak eta doitasuna behar bezala aplikatzeko. Kalibrazio absoluto modernoek nolabaiteko malgutasuna ahalbidetzen duten arren, praktika horrek neurketen errepikagarritasuna hobetzen du.

SARE GEODESIKO LOKALEN TRANSFORMAZIOA

Sare lokalak eta horien topografia deribatuak ED50etik ETRS89ra transformatzeko, eta plano altimetrico zaharretatik IGNren RedNAPra, gomendio hauek egiten dira Gipuzkoan transformazio prozesu bera ibiltzeko:

- Altimetria osagaia ez da, oro har, transformazioan sartu behar, harik eta Gipuzkoan altimetria esparrua definitu eta finkatu arte. Egun, lurraldeko pare bat hiriguneetan urrutiko NAP iltzeekiko loturak behar dira, tokiko iltzeak ez baitira berriro behatu eta iltzeak NP izaten jarraitzen baitute. Horri erantsi behar zaio ezen zailtasunak daudela udal oinarri topografikoetan eguneratze berriak integratzeko, lehendik dagoenaren bestelako esparru altimetricoarekin; ezinezkoa baita, adibidez, garaiera desberdineko kurbak lotzea. Edo berriro transformatu behar izatea oinarri guztiak, esparru altimetricoan etorkizunean egon daitezkeen aldaketak direla-eta.
- Bai gomendatzen dela NAPri edo, bestela NPri

movimiento de los tornillos nivelantes impide disponer de medida fija, por lo que es imprescindible seguir las especificaciones del fabricante. En el caso de medir con basada, la altura será el promedio de las tres mediciones desde cada placa de centrado forzoso. En caso de viento, colocar un precinto para asegurar la basada al pilar, procurando no alterar el nivel.

- **Orientación de la antena:**
Se recomienda orientar la antena GNSS hacia el norte verdadero, usando la señal del fabricante para aplicar correctamente las constantes de calibración y mejorar la precisión. Aunque las calibraciones absolutas modernas permiten cierta flexibilidad, esta práctica mejora la repetibilidad de las mediciones.

TRANSFORMACIÓN DE REDES GEODÉSICAS LOCALES

A la hora de transformar a ETRS89 desde ED50 y a RedNAP de IGN desde antiguos planos altimétricos, tanto redes locales como sus topografías derivadas, se hacen las siguientes recomendaciones para emplear en Gipuzkoa un mismo proceso de transformación:

- La componente altimétrica, por regla general, no debe incorporarse a la transformación mientras no se defina por completo y se fije el marco altimétrico en Gipuzkoa. Actualmente, en un par de cascos municipales del territorio, se requieren enlaces a clavos NAP lejanos, dado que los clavos locales no están todavía reobservados y continúan siendo NP. A ello hay que añadir la dificultad de integrar en las bases topográficas municipales nuevas actualizaciones con marco altimétrico distinto al existente, ya que es inviable unir por ejemplo curvas de distintas alturas. O la necesidad de tener que volver a transformar otra vez todas las bases ante futuros cambios de marco altimétrico.
- Sí se recomienda enlazar geoméricamente a

geometrikoki lotzea udal iltzeen sarearen lagin adierazgarri bat, kalkulatu ahal izateko Gipuzkoako azpiegitura geodesikoaren egungo esparruarekin dagoen saltoa, eta, horrela, kudeatu ahal izango da udal kartografian txertatzea etorkizuneko eguneratzeak edo datu hori bidaltzea beste lan batzuetarako sare lokal horretan oinarritzen diren teknikariei.

- Gomendatzen da loturak, nibelazio geometrikoaren bidez lortutako desnibel gordinak, GFARA bidaltzea, GFAREN altimetria datu basean sartzeko, eta, hala, bateratu ahal izateko Gipuzkoako Lurralde Historikoko sare altimetrikoen garaiera guztiak.
 - Gomendatzen da GFARA bidaltzea udal oinarrien sarea, iltze horietako batzuk behatuak izan daitezzen GFAK NAP berrikusteko egingo dituen kanpainetan.
 - Aurreko bi paragrafo horietan lortutako informazioarekin, NAP berrikusten den arabera probintziako sarean etorkizunean egingo diren doiketak, nahiz esparru altimetrikoan egingo diren aldaketak, GFAK bere doiketa kalkuluetan sartuko ditu lotura horiek, eta, hala, kalkulatu ahal izango die udalei aplikatu behar duten salto berria. Gaur egun 40 udalerrietako fitxak publikatu dira, non oinarri topografikoaren altuera aldaketaren doitzea azaltzen da, indarreko altuera markora. Beste udalerrri gehiago gehitzea aurriztatu da epe ertain batean.
 - Lehendik dagoen kartografiaren garaiera ortometrikoan salto bat aplikatu behar izanez gero, kontuan hartu behar da lursailaren beste eredu digital bat sortu behar dela, metro bakoitzeko kurba berriak lortzeko edo onartzea sestra-kurben garaierak ezingo dituztela izan balio osoak.
 - Planimetriaren sarearen lehen transformazio bat egin behar da ETRS89ra, IGNk garatutako gutxienezko kurbadurazko transformazio metodoa erabilita, eta eskura dagoen azken sareta baliatuta.
 - Sare lokaleko behar adina kontrol-puntu
- Se recomienda remitir los enlaces, desniveles brutos obtenidos mediante nivelación geométrica, a DFG para su inclusión de los mismos en la Base de Datos Altimétrica DFG y poder armonizar la totalidad de las altitudes de las distintas redes altimétricas del Territorio Histórico de Gipuzkoa.
 - Se recomienda remitir a DFG la red de bases municipales para que parte de esos clavos sean observados en las campañas de reobservación NAP de la DFG.
 - Con la información obtenida en los dos apartados anteriores, tanto en futuros ajustes de la red provincial conforme se reobserva NAP, como en cambios de marco altimétrico, la DFG incluirá esos enlaces en sus cálculos de ajuste y podrá calcular a los ayuntamientos el nuevo salto que debe aplicar. En estos momentos están publicados 89 fichas municipales del ajuste de cambio altimétrico de bases topográficas municipales al marco vigente y se prevén añadir más municipios a medio plazo.
 - En el caso de tener que aplicar un salto en la altura ortométrica a la cartografía existente, hay que tener presente que habrá que volver a generar un nuevo modelo digital del terreno para obtener nuevas curvas cada metro o asumir que la altura de las curvas de nivel no tendrán valores enteros.
 - En planimetría hay que realizar una primera transformación de la red a ETRS89 empleando el método de transformación de mínima curvatura desarrollado por el IGN y mediante la última rejilla disponible.
 - Observar y enlazar un número suficiente de

behatzea eta Gipuzkoako azpiegitura geodesikoari lotzea, dauden estazio pasiboak ere jasoz eta aurreko apartatuetan egindako gomendioei jarraiki.

- Alderatu lortutako koordenatuak ETRS89ren bi soluzioekin, hots, IGNren gutxieneko kurbadurazko ereduarekin eta Gipuzkoako azpiegitura geodesikoarekin.
- Alderaketa horretatik, transformazio parametroak atera (errotazioa, translazioa eta eskala-faktorea), sare lokal osoa Gipuzkoako azpiegitura geodesikora doitu dadin 5 parametroko Helmert 2D transformazio baten bidez.
- Helmert transformazioaren doiketako emaitzaren eta bilatutako soluzioaren arteko alderaketak emango digu sare horrek nazioarteko esparruekin duen posizio-akatsa.
- Transformatu sare lokal horretatik ateratako topografiak, adibidez Eusko Jaurlaritzak garatutako ED50ETRS89 aplikazioaren bidez (eskura dagoen azken sareta baliatuta betiere); eta bigarren transformazio bat egin Helmert transformazio klasiko batez, sare lokalaren transformazioan lortutako parametroekin.
- Metodologia hau bakar-bakarrik barne-homogeneotasuna eta gaur egun modu uniforme banatuta dauden behar beste erreferentzia-iltze duten sareetan aplikatuko da.

Sarea ezartzeko egindako GNSS behaketak eta ED50erako transformazioan erabilitako parametroak eskuratzeko modurik izatean, jatorrizko behaketak bere jatorrizko datumera eramango dira (ETRS89 edo ITRF*), eta ED50 soluzioa produzitzeko kalkulaturako alderantzizko transformazioak aplikatuko dira. Sarearen zati bat atzera behatzea gomendatzen da, sare lokala eta horren topografia deribatua modu berdintsuan eta Helmert transformazio baten bidez doitu daitezen Gipuzkoako azpiegitura geodesikora.

ETRS89ren eta ED50ren arteko aldaketa egingo

puntos de control de la red local a la Infraestructura Geodésica de Gipuzkoa, incorporando las estaciones pasivas existentes y empleando las recomendaciones señaladas en los apartados anteriores.

- Comparar las coordenadas obtenidas respecto a las dos soluciones ETRS89: modelo de mínima curvatura de IGN e Infraestructura Geodésica de Gipuzkoa.
- De esa comparación obtener parámetros de transformación (rotación, traslación y factor de escala) para ajustar la totalidad de la red local mediante una transformación Helmert 2D de 5 parámetros a la Infraestructura Geodésica de Gipuzkoa.
- La comparación entre el resultado del ajuste de la transformación Helmert y la solución buscada, nos dará el error de posición de esa red respecto a los marcos internacionales.
- Transformar las topografías derivadas de esa red local mediante por ejemplo la aplicación ED50ETRS89 desarrollada por Gobierno Vasco (incorporando siempre la última rejilla disponible) y realizar una segunda transformación mediante una transformación clásica Helmert con los parámetros obtenidos en la transformación de la red local.
- Esta metodología solo podrá aplicarse a redes internamente homogéneas y que mantengan en la actualidad un número suficiente de clavos de referencia uniformemente distribuidos.

En caso de poder contar con las observaciones GNSS realizadas para implantar la red y los parámetros empleados en la transformación a ED50, las observaciones originales se llevarán a su datum original (ETRS89 o ITRF*) y se aplicarán las transformaciones inversas a las calculadas para producir la solución ED50. Se recomienda reobservar parte de la red para ajustar de manera análoga y mediante una transformación Helmert la red local y su topografía derivada a la Infraestructura Geodésica de Gipuzkoa.

El traspaso entre ETRS89 y ED50 se realizará con

da udalerrri bakoitzarentzat GFAk proposatutako eta argitaraturako parametroekin, udalerrietako 89 base topografikoentzat. Osagarri gisa, beste transformazio parametro batzuk erabili daitezke, betiere, haien egokitasuna eta GFAn dauden datuekin bateragarriak direla justifikatuz gero. Gipuzkoan, metodologia hori erabili da 1:500 eskalan dauden udalerrietako hiri-kartografietan, eta, horrela, azkenean 100 mm baino gutxiagoko zehaztasunak lortu dira. GFaren xedea da modu berean proposamen ireki bat sortzea garaiera aldaketa egiteko, zeina eguneratuko baita esparru altimetrikoaren definizioa osatzen den heinean.

GNSS SOLUZIOAK DENBORA ERREALEAN

RTK (oinarri bakuna) eta NRTK (sareko soluzioak) soluzioei begirako gomendioak hauek dira:

Gomendio orokorrak:

- Ez da komeni postprozesua egin gabe duten denbora errealeko soluziorik erabiltzea, 1:200 edo 1:500 eskala duten proiektu baten oinarritzko estazioak finkatzerakoan.
- 1:200 edo 1:500 eskaletan, ez da komeni denbora errealeko soluzioez lortutako altitudeak erabiltzea. Kasu horietan, bakar-bakarrik postprozesuaren bidez lortutako altitudeek bermatzen dute behar den doitasuna.
- Ez da komeni GNSS erabiltzea altitudeak emateko, zehaztasuna beharrezkoa denean (5 zentimetro edo hobeagoa).

Gomendioak:

- Eguneratuta eduki *firmwarea*, hautatu antena egokia, eta jarraitu beti fabrikatzailearen argibideei.
- Aldizka kontrol-punturen bat erabiltzea, sentsorea eta ezarpenak berraztertzeko.

los parámetros propuestos y publicados por DFG para 89 bases topográficas municipales. De manera adicional, será posible utilizar otros parámetros de transformación siempre y cuando se justifique su idoneidad y compatibilidad con los datos existentes en DFG. En Gipuzkoa se ha aplicado esta metodología a las cartografías urbanas 1:500 municipales existentes, obteniendo precisiones finales inferiores a 100 mm. El objetivo de la DFG es generar de la misma manera, una propuesta también abierta para el cambio de alturas que se actualizará conforme se ultime la definición del marco altimétrico.

SOLUCIONES GNSS EN TIEMPO REAL

Tanto para soluciones RTK (base simple) como NRTK (soluciones de red) se señalan las siguientes recomendaciones:

Recomendaciones generales:

- No se recomienda emplear soluciones en tiempo real, sin postproceso alguno, a la hora de fijar las estaciones base de un proyecto de escala 1:200 o 1:500.
- No se recomienda emplear altitudes obtenidas mediante soluciones en tiempo real para escalas 1:200 o 1:500. En estos casos solo las altitudes obtenidas mediante postproceso garantizan la precisión exigida.
- No se recomienda utilizar GNSS para dar altitudes cuyo uso requiere cierta precisión (5 cm o mejor).

Recomendaciones:

- Mantener actualizado el firmware, seleccionar la antena adecuada y seguir en todo momento las instrucciones del fabricante.
- Emplear periódicamente un punto de control para revisar el sensor y su configuración.

- Antenaren plomua-errorea atzemateko eta mugatzeko era bat da bi behaketa egitea antena 180° biratuz.
- GPS+GLONASS+Galileo sentsoareak erabili behar dira. Sateliteak iragartzeko zenbait tresna oso baliagarriak dira, horizonte txikia duten eremuetan landa-lana antolatzeke.
- Ionosfera-iragarpenari jaramon egin behar zaio, eguzki aktibitate handiko aldietan.
- Soluzioak denbora errealean lortzeko muga nagusia komunikazio arazoak dira, bai estazio sarekoak eta bai landa-tresnerietakoak. Horregatik komeni da, landa-lana antolatu baino lehen, eremuko estaldura ikuskatzea.
- Landa-lana hasi aurretik aintzat hartuko da beharrezkoa den zehaztasuna. Teorian, zehaztasun hauek lor daitezke baldintzarik onenetan:
 - 50 mm inguru (60 mm, bertikalean), basea < 20 km-ra, GDOP ≤ 4 eta 15 denboratarte.
 - 25 mm inguru (40 mm, bertikalean), basea < 15 km-ra, GDOP ≤ 4 eta 12 denboratarte minutu batean, eta behaketa errepikatuz.
 - 15 mm inguru (25 mm, bertikalean), basea < 10 km-ra, GDOP ≤ 2 eta 120 denboratarte 3 minutuan eta behaketa errepikatuz.
- Erabili 10-15 graduko goratze-maskara.
- GDOP balio maximoa, 3-4.
- Jaramon egin SNR emaitzei (zarata seinalea), SNR emaitzek honako hauek adierazi baitezakete: multi-ibilbide erroreak, atmosferako arazoak, interferentziak eta abar.
- Inguru hauetan ohikoak dira multi-ibilbide (*multipath*) erroreak: zuhaitzen azpian, antena baino garaiera handiagoa duten egituretan, ezpondetan, ibilgailuetan, metalezko objektu, azalera lauak edo ur-masak hurbil dauden
- Una manera de detectar y limitar un posible error de plomada de la antena es realizar dos observaciones girando esta 180°.
- Emplear sensores GPS+GLONASS+Galileo. Diversas herramientas de predicción de satélites son muy útiles a la hora de programar el trabajo de campo en zonas de poco horizonte.
- Prestar atención a la predicción de ionosfera en los períodos de alta actividad solar.
- La principal limitación para obtener soluciones en tiempo real viene dada por incidencias de comunicaciones, tanto en la red de estaciones como en los equipos de campo. Conviene revisar la cobertura en el área antes de programar el trabajo de campo.
- Tener en cuenta la precisión requerida antes de iniciar el trabajo de campo. Teóricamente se pueden obtener en condiciones óptimas, las siguientes precisiones:
 - En torno a 50 mm (60mm vertical) con distancias a la base <20 km, GDOP ≤ 4 y 15 épocas.
 - En torno a 25mm (40 mm vertical) con distancias a la base <15 km, GDOP ≤ 3 , 12 épocas en 1 minuto y repetición de observación.
 - En torno a 15 mm (25 mm vertical) con distancias a la base <10 km, GDOP ≤ 2 y 120 épocas en 3 minutos y repetición de observación.
- Emplear una máscara de elevación de 10-15 grados.
- Máximo valor de GDOP 3-4.
- Prestar atención a los resultados SNR (Señal Ruido) como posible indicador de errores multitrayectoria, problemas atmosféricos, interferencias, etc.
- Los errores de multitrayectoria (*multipath*) son habituales bajo arbolado, estructuras de altura superior a la antena, taludes, vehículos, objetos metálicos, superficies planas y masas de agua en un entorno cercano.

inguruetan.

- Adi egon sentsoreak ematen dituen behaketa-doitasunaren parametroi. Azaltzen den errore hori bider bi edo hiru egin, fabrikatzaileen baikortasuna oso errotuta dago-eta.
- 100 mm baino zehaztasun eskasagoa duten soluzioak baztertu egin behar dira.
- Egin kasu RTK latentziari (zuzenketa adina), segundo batzuk baino handiagoa denean lorturiko zehaztasunean eragin handia izan dezake-eta.
- Eman minutu bat edo bi hasieratzeari, behar den zehaztasunaren arabera.
- Erabili kontrol puntuak (Gipuzkoako sare pasiboa), RTK edo NRTK saio bakoitza hasi baino lehen, saioa burutu bitartean eta saioa bukatzean.
- Horizonte ona duen kontrol puntu berri bat ezartzea praktikoagoa eta fidagarriagoa da, horizontea mugatua duen baina existitzen den kontrol puntu bat okupatzen saiatzea baino.
- Behaketa zuzena dela ziurtatzeko modu bakarra behaketa berriro egitea da, sateliteen konstelazio aldaketa bermatzen duen beste une batean.
- Denbora-tarteen batzuetan bestekoa egin behar da edozein behaketa egiteko, gutxienez 5-10 tarterena.
- Osagai bertikala garrantzitsua den puntuetan edo erreferentziako GNSS estazioaren eta ekipamendu mugikorraren arteko garaiera aldea 200 m baino handiagoa den lekuetan, 150 denbora-tarteko bi behaketa egin behar dira (3 minutu) eta batez bestekoa atera; bataren eta bestearen artean 20 eta 45 minuturen tartea egon behar du.
- Ez dira denbora errealeko soluzioak erabili behar, baldin eta erreferentziako estazioa eta hartzaile mugikorra dauden lekuen arteko baldintza atmosferikoak oso bestelakoak badira, horrek doitasunari eragiten baitio.
- Prestar atención a los parámetros de precisión de la observación que ofrece el sensor y multiplicar su error por 2-3 debido al inveterado optimismo de los fabricantes.
- Toda solución cuya precisión supere los 100 mm, debe descartarse.
- Prestar atención a la latencia RTK (edad de la corrección), si es superior a varios segundos puede influir notablemente en la precisión obtenida.
- Destinar a la inicialización 1-2 minutos dependiendo de la precisión requerida.
- Emplear puntos de control (Red Pasiva de Gipuzkoa) antes, durante y al finalizar cada sesión RTK o NRTK.
- Es más práctico y fiable establecer un nuevo punto de control con buen horizonte, que intentar ocupar un punto de control ya existente pero con horizonte limitado.
- La única manera de asegurar la bondad de una observación es volver a repetirla al menos en una ocasión y en otro periodo de tiempo que asegure el cambio de constelación de satélites.
- Para cualquier observación, promediar al menos 5-10 épocas.
- En puntos donde es importante la componente vertical o donde la diferencia de altura entre la estación GNSS de referencia y el equipo móvil supera 200 m, promediar dos observaciones de 150 épocas (3 minutos) separadas con una ventana temporal entre 20 y 45 minutos.
- No emplear soluciones en tiempo real con diferencias atmosféricas notables entre la localidad de la estación de referencia y la del receptor móvil, ya que esto afecta a la precisión. Las soluciones NRTK en este caso

NRTK soluzioek, kasu honetan, hobeto konpentsatzen dituzte desberdintasun horiek eredu atmosferikoen bidez.

- GPS+GLONASS+Galileo soluzioak erabili behar dira GPS soluzioen ordez, hala RTK nola NRTK.
- RTK soluzioak erabili behar dira NRTK soluzioen ordez, baldin eta gertuen dagoen estazioa 20 km baino gutxiagora badago. NRTK soluzioak jabetunak dira, eta soluzio horiek sortu ziren estazioen arteko distantzia 70 km inguru denean erabiltzeko. Gipuzkoan, estazio dentsitatea eta estazio horien arteko altuera-aldea dela medio, NRTK soluzioak ez dira oso onak, estazioen bat ez dabilenean izan ezik. Bestalde, datu mobilen estaldura txikia denean, NRTK soluzioen datuen tamaina handia izatea mugatzailea izan daiteke.
- RTK produktuen artean CERCANA zerbitzua edo *mountpoint*-a erabiltzea gomendatzen da beti, GFAREN lau estazioez gain, Irungo estazioa (BIDA) eta beste batzuenak diren 10 estazio gehitzen baititu.
- RTK produktu batez soluzioa ez bada finkatzen edo gertuen dagoen estazioa 20 km-ra baino urrutiago dagoenean, erabiltzaileak NRTK produkturen bat erabili behar du.
- i-Max edo VRS soluzioen ordez Max soluzioak erabiltzea gomendatzen da, sentsoreak horiek prozesatzeko beharrezkoa den *software*-a baldin badu.
- Soluzioak finkatzen ez badira Gipuzkoako GNSS sarean dauden denbora errealeko produktuekin, IGNren ERGNSS sarea (BIDA estazioa ez dago barnean) eta Eusko Jaurlaritzaren GPS/GNSS sarearen (BIDA eta PASA ez daude barnean) soluzioak erabili behar dira arau gisa. Hain zuzen ere, Gipuzkoako mendebaldean Bizkaiko Aldundiaren GNSS soluzioak erabili behar dira eta ekialdean, berriz, Nafarroako Gobernuaren GNSS soluzioak.
- Sare pribatu ezberdinek eskaintzen dituzten

compensan mejor estas diferencias mediante modelos atmosféricos.

- Emplear soluciones GPS+GLONASS+Galileo frente a soluciones GPS tanto en RTK como NRTK.
- Emplear soluciones RTK frente a NRTK siempre que nos encontremos a menos de 20 km de la estación más cercana. Las soluciones NRTK son propietarias y están optimizadas para distancias entre estaciones entorno a unos 70 km. En Gipuzkoa, dada la densidad y la diferencia de altura de las estaciones, las soluciones NRTK no suponen excesiva ventaja, salvo que alguna de las estaciones no esté operativa. Además, el mayor volumen de datos de las soluciones NRTK puede ser limitante en condiciones de baja cobertura de datos móviles.
- Dentro de los productos RTK se recomienda emplear siempre el servicio “mountpoint” o CERCANA ya que añade a las 4 estaciones propias, 1 estación en Irún (BIDA) y 10 estaciones limítrofes de otros propietarios.
- En caso de no fijar solución con un producto RTK o que la estación más cercana se encuentre a más de 20 km el usuario debe emplear un producto NRTK.
- Se recomienda emplear soluciones Max si el sensor dispone del software necesario para procesar este mensaje, frente a soluciones i-Max o VRS.
- En caso de no fijar soluciones con los productos en tiempo real de la Red GNSS de Gipuzkoa se deben emplear como regla general las soluciones GNSS de la Red ERGNSS de IGN (No integra la estación BIDA) y la Red GPS/GNSS de Gobierno Vasco (No integra BIDA y PASA). Y en particular, en el oeste de Gipuzkoa las soluciones GNSS de la Diputación de Bizkaia y en el este las soluciones GNSS del Gobierno de Navarra.
- Señalar que las soluciones que ofertan varias redes privadas suelen procesar la señal de

soluzioetan Gipuzkoako estazioen seinaleak prozesatzen dituzte, baina lehendabizi zein marko geodesiko erabiltzen duten egiaztatu behar da.

estaciones de Gipuzkoa, pero hay que verificar qué marco geodésico emplean.

AZKEN GOMENDIOAK

Dokumentu honetan aipatutako gomendioak ahalik eta soluziorik onena lortzera daude bideratuta, eta egin behar dugun proiektuaren berezitasunetara egokitu beharko ditugu. Dena den, kasu guztietan derrigorrezkotzat ditugu hauek:

- Metodo klasikoak erabiltzea nibelazio sarera lotzeko, eta beti NAP iltzeak erabilita.
- Kasu guztietan soluzioak egiaztatzea, behaketaren bat errepikatuta.

Dokumentu hau irekia da, eta Gipuzkoako azpiegitura geodesikoa garatu ahala gaurkotuko da. Edozein irakurlek egoki iritzitako oharra, hobekuntzak eta zuzenketak ere kontuan hartuko dira.

ERREFERENTZIAK

Altamimi, Z. (2017): EUREF Technical Note 1: Relationship and Transformation between the International and the European Terrestrial Reference Systems. Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN), France, June 2017.

Bertsioen kontrola:

- 1.1 bertsioa: 2008ko otsailak 22
- 1.2 bertsioa: 2010eko azaroak 25
- 1.3 bertsioa: 2011ko martxoak 15
- 2.0 bertsioa: 2016ko azaroak 07
- 2.1 bertsioa: 2017ko urtarrilak 30
- 3.0 bertsioa: 2020ko urriak 22
- 3.1 bertsioa: 2025ko uztailak 15

RECOMENDACIONES FINALES

Las recomendaciones señaladas en el documento están orientadas a obtener la mejor solución posible y necesariamente deben adecuarse a las particularidades del proyecto que debemos realizar. En todos los casos entendemos obligatorio:

- Emplear métodos clásicos para enlazar a la Red de Nivelación y siempre mediante clavos NAP.
- Verificar en todos los casos las soluciones mediante la repetición de alguna de las observaciones.

Este documento tiene carácter abierto y se actualizará conforme al desarrollo de la Infraestructura Geodésica de Gipuzkoa y las observaciones, mejoras y correcciones que cualquier lector tenga oportuno señalar.

REFERENCIAS

Altamimi, Z. (2017): EUREF Technical Note 1: Relationship and Transformation between the International and the European Terrestrial Reference Systems. Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN), France, June 2017.

Control de versiones:

- Versión 1.1: 22 de febrero de 2008
- Versión 1.2: 25 de noviembre de 2010
- Versión 1.3: 15 de marzo de 2011
- Versión 2.0: 07 de noviembre de 2016
- Versión 2.1: 30 de enero de 2017
- Versión 3.0: 22 de octubre de 2020
- Versión 3.1: 15 de julio de 2025